

**Untersuchungen über den Einfluß verschiedener
Bewegungsübungen auf die Blutströmungs-
geschwindigkeit in Bein- und Beckenvenen im Rahmen
der Thromboseprophylaxe vor und nach Operationen**

von
Hans Kügel
aus
Dillingen/Do.

1974

1975 № 149

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann)

**Untersuchungen über den Einfluß verschiedener
Bewegungsübungen auf die Blutströmungs-
geschwindigkeit in Bein- und Beckenvenen im Rahmen
der Thromboseprophylaxe vor und nach Operationen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Hans Kügel

aus

Dillingen/Do.

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Kommissarischer Dekan : Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent : Priv.-Doz. Dr. E. Mühle

Korreferent : Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung : 20. Dezember 1974

5. Briefe

1. Brief

2. Brief

Meinen Eltern
in Dankbarkeit
gewidmet

3. Brief

4. Brief

5. Brief

6. Brief

7. Brief

8. Brief

9. Brief

10. Brief

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Eigene Untersuchungen	3
A) Patientengut	3
B) Methode	6
C) Art der Übungen	12
III. Meßergebnisse	20
A) Ergebnisse bei praeoperativen Patienten	20
B) Ergebnisse bei postoperativen Patienten	28
C) Vergleich der Ergebnisse	36
1.) Wirksamkeit der Übungen	
2.) Einfluß der Operation	
IV. Diskussion	47
V. Zusammenfassung	51
VI. Literaturverzeichnis	54

I. Einleitung:

Die Phlebothrombose ist eine gefürchtete Komplikation nach chirurgischen Eingriffen, da sie in 25 bis 50% der Fälle zur Lungenembolie führt (6). Die Emboli können den Gefäßstamm der Arteria pulmonalis völlig, oder nur teilweise verlegen (6,11); die Diagnosestellung ist durch die vielen Variationen dieses Krankheitsbildes oft schwierig. Mehr als die Hälfte der tödlichen Lungenembolien wird erst nach der Obduktion erkannt (3,4).

Da 90% der Emboli aus dem Einzugsgebiet der Vena cava inferior stammen (6), ist die Prophylaxe der Phlebothrombose in Bein- und Beckenvenen die beste Massnahme zur Verhütung einer Lungenembolie.

Die Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes während und nach einer Operation ist ein wesentlicher Faktor der Thrombogenese (13). Daher muss postoperativ möglichst frühzeitig mit krankengymnastischen Übungen begonnen werden, um eine Beschleunigung des Blutrückflusses besonders aus den unteren Extremitäten zu erreichen. Um den Einfluss der Operation auf die Rückflussgeschwindigkeit des venösen Blutes aus der unteren Extremität und den Beckenvenen zu messen, haben wir bei insgesamt 18 Patienten jeweils vor und nach der Operation die

venösen Rückflußgeschwindigkeiten in Ruhe und nach unterschiedlichen Bewegungsübungen bestimmt. Zusätzlich wurde die Wirksamkeit verschiedener gymnastischer Übungen auf den venösen Blutrückfluß untersucht.

II. Eigene Untersuchungen:

Unsere Untersuchungen galten der Bestimmung der venösen Rückflußgeschwindigkeit in der unteren Extremität im Hinblick auf die Wirksamkeit bestimmter gymnastischer Übungen vor und nach einer Operation.

A) Patientengut:

Bei insgesamt 18 Patienten haben wir am Morgen vor dem ersten Aufstehen die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in den Bein - und Beckenvenen gemessen.

Die Patienten wurden nicht nach besonderen Kriterien ausgewählt, sondern repräsentieren das Patientengut an unserer chirurgischen Klinik. Das Alter der Patienten liegt zwischen 17 und 73 Jahren, davon waren 9 weiblichen und 9 männlichen Geschlechts.

Die Messung des venösen Rückstromes erfolgte jeweils am Morgen vor dem ersten Aufstehen und zwar vor der Operation am Operationstag und am 2., bei sehr geschwächten Patienten am 3. Tag nach der Operation. Die ersten Ruhewerte repräsentieren die Rückstromgeschwindigkeit nach mindestens 6-stündiger Nachtruhe.

Tabelle 1 enthält Angaben über Größe, Alter, Gewicht, arterielle Durchblutungsstörungen, Knöchelödeme und Bettlägerigkeit.

Lfd. Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Geschlecht	m	m	w	m	w	m	w	m	m	m	w	w	w	w	m	w	w	m
Alter in Jahren	38	69	73	56	28	63	65	23	72	21	38	66	47	39	48	17	51	64
Größe in cm	171	165	148	182	170	167	156	165	167	183	168	158	155	168	174	158	162	172
Gewicht in kg	61	75	53	77	74	52	60	60	76	71	60	58	49	52	82	59	89	65
Varizen O-III	0	0	0	I	I	II	0	0	0	0	0	0	0	0	I	0	II	0
art. Durchblutungs- störungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Knöchelödem	ja	-	-	-	-	-	-	-	ja	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beinmuskulatur kräftig +, schwach-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-
Bettlägrig vor OP	-	-	-	ja	-	-	ja	-	ja	-	-	-	ja	ja	-	ja	-	ja
Bettlägrig nach OP	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Strecke EL vor OP in cm	71	74	74	90	85	67	67	73	70	81	85	70	69	73	73	70	78	72
Strecke EL nach OP in cm	72	77	73	91	84	72	67	74	70	79	85	67	76	75	72	69	77	72
Strecke LC in cm	25	23	18	26	26	25	20	25	28	29	20	28	25	25	26	23	31	28

Tab.1: Patientengut

Ferner sind die Längen der ausgemessenen Strecken eingetragen. Die Fußpulse waren bei allen Patienten tastbar, ein Hinweis auf arterielle Durchblutungsstörungen war in keinem Fall gegeben.

Unter der Rubrik "Bettlägerig" bedeutet "ja" mehr als 5 Stunden pro Tag bettlägerig, "-" weniger als 5 Stunden pro Tag bettlägerig. Konnten wir Varizen der unteren Extremität feststellen, teilten wir sie in Grade I-III ein. Grad I bezeichnet gut sichtbare, Grad II stark ausgeprägte Varizen. Grad III bezeichnet ein Ulcus cruris. Waren keine Varizen feststellbar, wurde dies in der Tabelle mit "0" gekennzeichnet.

B) Methode:

Zur Errechnung der Strömungsgeschwindigkeit ist die Länge der durchströmten Strecke, sowie die dafür benötigte Zeit zu messen. Die Strecke von der Injektionsstelle in einer Fußbrückenvene bis zur Kreuzungsstelle der Vena femoralis mit dem Leistenband (Meßpunkt 1) wurde mit einem Maßband ermittelt und als Strecke EL bezeichnet. Als den Beckenvenenbereich haben wir die Strecke vom Leistenband zur Vena cava inferior angesehen. Als Meßpunkt der Vena cava inferior wurde von uns die Mitte zwischen Nabel und Processus xiphoideus angenommen (Meßpunkt 2). Die Strecke des Beckenvenenbereichs zwischen Meßpunkt 1 und Meßpunkt 2 haben wir mit LC bezeichnet.

Sämtliche Messungen wurden am liegenden Patienten vorgenommen, wobei das Kopf- und Fußteil des Bettes so gestellt wurde, dass der Patient völlig waagrecht lag. In dieser Lage wurde zu Beginn und am Ende der Messungen der Blutdruck am Oberarm nach Riva-Rocci gemessen.

Zur Bestimmung der Zeit, die das Venenblut für die Strecken EL und LC braucht, wurde das Isotop ¹³³Xenon verwendet.

Xenon ist ein inertes Gas und geht mit dem Organismus keine chemische Verbindung ein. Nach Injektion in die Blutbahn wird es

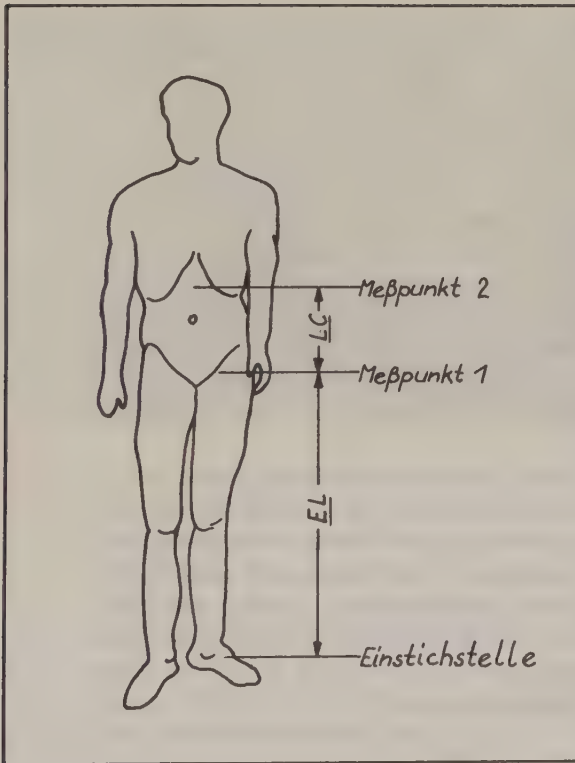


Abb.1: Darstellung der Meßstrecken

bereits bei der ersten Lungenpassage zu fast 90% an die Ausatemluft abgegeben (10,12). Das in physiologischer Kochsalzlösung physikalisch gelöste Gas wurde über ein Säuglings-Perfusionssystem in eine Fußrückenvene injiziert. Die Injektionsnadel wurde, mit Klebestreifen fixiert, von der ersten bis zur letzten Messung in der Vene belassen. Dadurch wurde erreicht, daß die Meßstrecke EL bei allen Versuchen konstant blieb.

Zur Untersuchung der individuellen venösen Rückflußgeschwindigkeit ist es bedeutungslos, ob die Messung am linken oder rechten Bein vorgenommen wird, da sich nach Osborn und Wright die Strömungsgeschwindigkeiten nur unwesentlich voneinander unterscheiden (8,14).

Durch schrittweise Erhöhung der Dosis der radioaktiven Substanz konnte der gleichzeitig steigende Background kompensiert werden, wodurch eine exakte Auswertung der aufgezeichneten Werte möglich war.

Die Dosis zur Messung des Ausgangsrühewertes betrug 50 μ Ci und wurde nach jeder Messung um 10 μ Ci gesteigert.



Abb.2: Versuchsanordnung:

Der Patient ist horizontal gelagert, die beiden Detektoren befinden sich über den Meßpunkten. Gleichzeitig mit Injektion des radioaktiven Stoffes wird von einem Helfer durch Betätigen eines Schalters auf dem Schreibpapier eine Markierungszacke gesetzt.

Die Messungen wurden mit einem Siemens-Nucleopan 2 K durchgeführt. Dieses Gerät ist mit 2 Meßköpfen ausgerüstet, von denen einer auf den Meßpunkt 1 gesetzt wurde, während der andere die Aktivität bei Meßpunkt 2 registrierte.

Wir verwendeten den 2/c Kollimator mit 13,5 cm Durchmesser.

Die Impulsdichte jeden, auf $^{133}\text{Xenon}$ eingestellten Kanals wurde auf graduiertem Registrierpapier, das zeitkonstant abrollte, aufgezeichnet. Dabei entspricht 1 cm auf dem Papier einer Zeit von 3,75 sec.

Gleichzeitig mit der Infektion des radioaktiven Stoffes setzte ein Helfer durch Drücken eines Knopfes auf dem Schreibpapier eine Markierung.

Passiert der radioaktive Tracer den Meßbereich des Detektors, zeichnet der ausschlagende Schreibhebel des zugehörigen Meßkanals auf dem Papier einen Kurvenanstieg auf. Die Entfernung auf dem Registrierpapier von der Markierungszacke bis zum Kurvenanstieg ist der Zeit korreliert, die das Blut zum Durchströmen der entsprechenden Meßstrecke benötigt. Durch Umrechnung (1 cm = 3,75 sec) erhielten wir die genaue Zeit.

Sobald der radioaktive Tracer die Meßstrecke passiert hatte, was sich durch Kurvenabfall auf dem Schreibpapier zeigte, wurde mit physiologischer Kochsalzlösung nachgespült,

um nachfolgende Messungen nicht durch noch
nicht abtransportiertes ^{133}Xe zu ver-
fälschen.

C) Art der Übungen:

Die Bestimmung der venösen Rückflußzeit bei den einzelnen Patienten wurde am Operationstag vor der Operation und am zweiten Tag nach der Operation durchgeführt. Bei Patienten, die nach der Operation in sehr geschwächtem Zustand waren, wurden die Messungen erst am dritten postoperativen Tag vorgenommen. Die Übungen, die die Patienten zu absolvieren hatten, waren vor und nach der Operation die gleichen. Sie liefen in dieser Reihenfolge ab:

Zu Beginn der Übungsreihe wurde der Ruhewert nach mindestens 6-stündiger Nachtruhe gemessen. (Messung I).

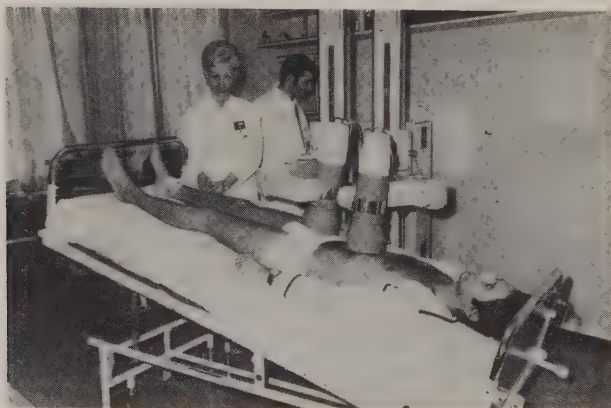


Abb.3: Bestimmung des Ausgangsruhwertes

Im Anschluß daran erfolgte die erste Übung. Wir ließen die Patienten aus dem Bett steigen, um das Fußende des Bettes gehen und von der anderen Seite wieder in das Bett steigen. Sehr geschwächte Patienten unterstützten wir dabei leicht mit dem Arm.



Abb.4: Gehen um Fußende des Bettes (erste Übung).

Unmittelbar nach dieser Übung wurde am liegenden Patienten ¹³³Xenon in den am Unterschenkel fixierten Perfusionsschlauch gespritzt und die Rückflußzeit in der beschriebenen Weise gemessen (Messung II).

Nach einem, mit der Stoppuhr gemessenen Zeitintervall von 5 und 10 Minuten nach der beendeten Übung wurden die Rückflußgeschwindigkeiten bei ruhig liegendem Patienten bestimmt (Messungen III, IV).

Die Übung galt als beendet, wenn der Patient wieder horizontal im Bette lag.

Sämtliche Messungen wurden am völlig entspannt horizontal liegenden Patienten durchgeführt.

Bei der zweiten Übung stiegen die Patienten aus dem Bett, gingen wieder um das Fußende des Bettes und mußten 3 Kniebeugen ausführen, bevor sie auf der anderen Seite wieder in das Bett stiegen.

Wieder wurde unmittelbar nach der Übung die Rückflußzeit gemessen (Messung V).

Nach 5 Minuten (Messung VI) und nach 10 Minuten (Messung VII) entspanntem Liegen wurde wieder der Ruhewert bestimmt.



Abb.5: Die zweite Übung bestand aus zusätzlich 3 Kniebeugen nach Gehen um das Fußende des Bettes. Das Perfusionssystem ist mit Klebestreifen am Unterschenkel fixiert.

Als dritte Übung ließen wir die Patienten 5 Minuten im Zimmer umhergehen. Die Zeit wurde auf einer Stoppuhr abgelesen. Waren die Patienten wieder im Bett, wurde sofort in der üblichen Weise die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes bestimmt (Messung VIII).

Während dieser Übung trat bei einigen Patienten postoperativ leichtes Schwindelgefühl auf. Durch Stützen auf eine Begleitperson konnte in diesen Fällen die Übung zu Ende geführt werden.

In vier Fällen ließ der postoperative Zustand der Patienten ein fünfminütiges Umhergehen im Zimmer nicht zu. Wir verzichteten hier auf diese Übung.

Messung IX stellt den im Anschluß an die Übung nach 5 Minuten, Messung X den nach 10 Minuten ermittelten Ruhewert dar.

Die vierte und letzte Übung unserer Versuchsreihe galt der Bestimmung der venösen Rückflußgeschwindigkeit aus der unteren Extremität nach Treten eines Bettfahrrades.

Dazu wurde am Fußende des Bettes ein Bettfahrrad mittels einer Klemmbacke befestigt. Die Pedale waren mit Kunststoffschalen und Lederriemen versehen, so daß die Füße des Patienten guten Halt fanden und gegen Herausrutschen gesichert waren. An dem Fahrrad war ein Zählwerk montiert, das jede volle Umdrehung der Pedale registrierte.

Mittels einer kontinuierlich bis auf 5 Kp einstellbaren Bremse wurde die aufzuwendende Kraft auf die Kondition des Patienten abgestimmt.

Wir ließen die Patienten 5 Minuten lang treten, so schnell es ihr Zustand erlaubte. Die Zeit wurde auf der Stoppuhr abgelesen.

Die Umdrehungszahlen nach 5 Minuten Treten lagen zwischen 148 und 398 Umdrehungen.

Bei den gleichen Patienten lagen die Umdrehungszahlen beim Ausführen der Übung nach der Operation durchschnittlich um 10% unter den praeoperativen Werten.

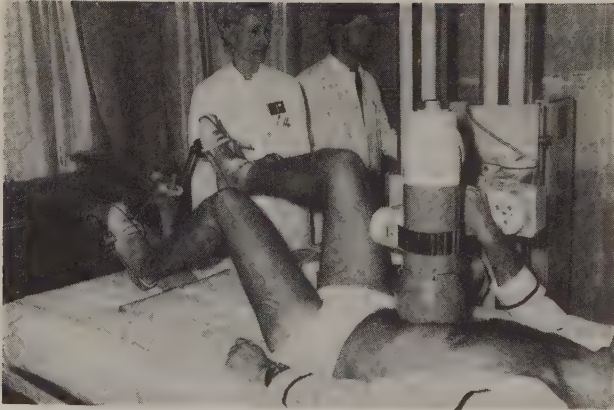


Abb.7: Fünfminütiges Treten des Bettfahrrades
Die Füße des Patienten sind auf den
Pedalen durch Kunststoffschalen und
Lederriemen festgehalten.
Der Meßkopf über der Leiste ist
seitwärts geschwenkt, um die Bewe-
gungsfreiheit des Oberschenkels beim
Treten nicht zu beeinträchtigen.

Unmittelbar nach der Übung wurden die Füße des Patienten von den Pedalen genommen und die Beine horizontal gelagert. Jetzt erfolgte die Injektion des $^{133}\text{Xenon}$ und die Bestimmung der venösen Rückflußgeschwindigkeit (Messung XI).

Nach 5 Minuten und nach 10 Minuten nach Beendigung des Tretens wurden wiederum die Ruhewerte bestimmt (Messungen XII und XIII).

Nach der Operation mußten die Patienten die gleichen Übungen durchführen, wie vor der Operation. Gelegentlich wurden schwächliche Patienten mit dem Arm etwas unterstützt. Bei einigen Patienten trat postoperativ bei der Übung "5 Minuten Gehen im Zimmer" Schwindelgefühl auf. Durch leichte Unterstützung konnten die Übungen in jedem Fall zu Ende geführt werden. Die postoperativen Messungen sind mit " '(z.B. II') versehen.

Pro Patient wurden somit prae- und postoperativ jeweils 13 Messungen durchgeführt (Messungen I - XIII), insgesamt also 26 Messungen.

Bei jeder Messung wurde die venöse Rückflußgeschwindigkeit auf den Strecken: Einstichstelle - Leiste (EL) und Leiste - Cava (LC) bestimmt.

III. Meßergebnisse:

a.) Geschwindigkeiten des venösen Blutrückflusses bei praeoperativen Patienten.

Bei 18 Patienten ergaben sich vor der Operation die in Tabelle 2 zusammengestellten venösen Rückflußgeschwindigkeiten in cm/sec.

Der Ausgangsrühewert nach mindestens sechs-stündiger Nachtruhe, am Operationstag vor dem ersten Aufstehen gemessen, beträgt durchschnittlich auf der Strecke EL 4,57 cm/sec, auf der Strecke LC 4,23 cm/sec.

Dabei tritt die höchste Geschwindigkeit auf der Strecke EL mit 10,35 cm/sec bei Patient 16 auf. Auf Strecke LC beträgt die höchste Geschwindigkeit 8,54 cm/sec (Patient 1). Bei Patient 4 finden wir die geringste Strömungsgeschwindigkeit auf den Strecken EL (1,03 cm/sec) und LC (0,81 cm/sec).

Nach Gehen um das Fußende des Bettes finden wir als durchschnittliche venöse Rückflußgeschwindigkeit 5,71 cm/sec auf der Strecke EL und 4,08 cm/sec auf der Strecke LC. Dabei erhalten wir auf der Strecke EL mit 14,20 cm/sec bei Patient 2 die schnellste, mit 1,16 cm/sec bei Patient 14 die langsamste Geschwindigkeit.

lfd. Nummer	Meßstrecke	Ausgangsruhwert	Gehen um Bettende	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	Gehen und 3 Kniebeugen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Gehen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Radfahren	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'
1	EL LC	4,98 8,54	3,03 4,76	4,98 4,36	4,63 6,90	12,63 16,65	4,73 3,84	2,66 7,39	12,63 4,16	4,51 1,55	3,60 1,95	12,63 11,12	8,23 8,34	2,65 2,34
2	EL LC	6,38 4,38	4,20 5,12	4,71 4,38	5,34 4,38	9,88 6,14	5,99 4,23	6,17 4,73	14,20 5,59	6,00 5,12	5,48 3,42	8,96 10,25	5,41 4,61	5,21 4,73
3	EL LC	3,96 4,26	6,57 4,80	2,56 6,00	2,24 4,00	7,90 2,82	3,95 4,37	3,65 2,83	8,58 8,00	3,73 5,33	3,58 3,20	15,20 4,00	2,29 2,67	1,97 3,00
4	EL LC	1,03 0,81	1,72 0,77	1,52 1,75	1,00 3,47	4,92 4,05	1,57 4,36	1,71 1,39	4,53 3,31	2,67 1,06	1,74 1,33	4,92 2,48	2,45 1,97	1,95 2,03
5	EL LC	7,63 5,77	3,32 6,94	8,10 5,77	3,92 4,62	6,30 6,91	3,91 4,34	3,44 5,20	3,60 8,66	2,48 3,20	2,20 1,96	2,28 3,32	6,48 5,78	3,85 5,40
6	EL LC	1,92 1,26	6,61 2,38	3,65 1,67	2,39 1,59	13,75 4,15	4,47 1,85	3,72 1,34	9,41 4,43	4,06 2,02	4,68 3,05	11,90 3,33	3,65 2,78	4,25 3,33
7	EL LC	4,47 3,14	8,94 3,14	3,44 4,11	2,98 3,56	13,40 5,17	7,44 3,14	5,26 2,32	12,78 7,64	11,19 3,56	6,78 3,34	14,91 6,66	6,62 1,97	6,10 3,42
8	EL LC	7,49 7,54	9,74 3,74	9,28 3,33	8,85 2,78	9,74 3,03	5,41 4,16	7,21 3,52	10,62 3,33	15,00 4,76	6,28 4,81	21,63 6,06	13,91 5,13	5,27 4,76
9	EL LC	2,73 2,87	5,18 4,40	4,34 4,67	5,50 3,25	8,11 2,67	6,77 4,40	6,45 5,34	9,83 4,77	7,77 6,81	8,90 4,98	9,34 8,31	6,45 3,25	6,45 3,56
10	EL LC	10,08 5,92	8,65 5,53	6,75 3,51	3,04 1,84	4,70 4,84	2,15 3,86	3,34 2,28	1,74 8,62	1,58 3,37	2,57 1,68	8,00 19,20	2,45 12,90	6,97 4,56
11	EL LC	4,83 6,66	9,44 5,34	9,44 4,45	6,30 7,64	16,20 2,68	6,82 3,32	7,31 7,31	17,42 7,29	5,15 10,70	9,87 4,84	16,20 7,64	8,35 6,66	7,56 3,82
12	EL LC	3,28 3,74	4,34 5,34	4,78 3,40	3,39 1,97	6,92 4,80	3,88 1,87	3,23 1,01	5,67 5,75	3,59 2,34	3,89 2,49	8,90 6,79	2,28 1,55	2,12 1,15
13	EL LC	2,87 3,33	3,34 2,57	4,50 1,86	1,67 1,91	5,42 3,18	3,13 5,56	3,07 2,67	5,42 4,45	4,18 2,91	6,57 1,91	5,12 3,94	3,92 2,78	4,60 2,91
14	EL LC	2,70 2,91	1,16 3,19	1,57 3,71	1,43 2,83	1,58 1,49	1,95 2,67	1,64 1,15	2,70 8,35	2,64 3,92	2,95 1,85	3,37 5,51	3,75 1,91	3,02 2,31
15	EL LC	3,08 3,58	2,95 3,65	2,11 5,78	1,66 4,33	7,78 5,34	2,56 4,63	1,67 6,30	5,26 4,07	2,04 2,89	1,71 4,07	9,71 6,93	3,08 3,65	3,13 4,95
16	EL LC	10,35 6,84	10,35 6,84	7,78 8,80	8,48 4,08	10,35 4,08	9,80 6,12	6,45 3,41	7,16 3,83	8,90 3,83	9,32 4,10	13,32 6,14	8,48 5,18	5,83 6,13
17	EL LC	2,08 2,66	1,85 4,14	1,83 1,45	1,79 0,98	1,57 8,27	1,92 7,80	-	3,35 3,81	2,81 2,85	2,89 2,81	3,60 1,76	1,14 1,28	2,21 2,41
18	EL LC	2,50 1,93	1,41 0,81	4,27 2,66	3,10 3,03	2,29 1,33	2,59 7,47	1,67 2,26	3,26 5,34	2,03 5,00	2,21 4,67	4,58 10,70	3,84 5,76	2,70 6,22

Tab.2: Venöse Rückstromgeschwindigkeiten in cm/sec bei praeoperativen Patienten

Auf der Strecke LC ergibt sich bei Patient 5 mit 6,94 cm/sec die höchste Rückflußgeschwindigkeit, bei Patient 4 mit 0,77 cm/sec die langsamste.

Nach 5 Minuten Ruhe beträgt die Strömungsgeschwindigkeit im Mittel 4,75 cm/sec auf der Strecke EL und 3,97 cm/sec auf der Strecke LC.

Die Schwankungsbreite reicht von den niedrigsten Werten mit 1,52 cm/sec auf Strecke EL (Patient 47) und 1,45 cm/sec auf Strecke LC (Patient 17) bis zu den höchsten Werten mit 9,44 cm/sec auf Strecke EL (Patient 11) und 8,80 cm/sec auf Strecke LC (Patient 16).

Nach 10 Minuten Ruhe ergeben sich Mittelwerte von 3,76 cm/sec auf Strecke EL und 3,50 cm/sec auf Strecke LC.

Den schnellsten Rückfluß finden wir auf Strecke EL mit 8,85 cm/sec bei Patient 8, auf Strecke LC mit 7,64 cm/sec bei Patient 11. Mit 1,00 cm/sec (EL) und 0,98 cm/sec (LC) werden bei den Patienten 4 und 17 die geringsten Strömungsgeschwindigkeiten erreicht.

Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich drei Kniebeugen erbringt eine mittlere Rückflußgeschwindigkeit von 7,96 cm/sec auf Strecke EL und 4,91 cm/sec auf Strecke LC.

Die Geschwindigkeiten auf der Strecke EL schwanken zwischen 16,20 cm/sec (Patient 11) und 1,58 cm/sec (Patient 14). Auf Strecke LC finden sich Geschwindigkeiten zwischen 16,65 cm/sec (Patient 1) und 1,33 cm/sec (Patient 18).

5 Minuten nach dieser Übung beträgt die Rückflußgeschwindigkeit durchschnittlich 4,40 cm/sec auf Strecke EL und 4,33 cm/sec auf Strecke LC.

Die höchsten Werte finden wir bei Patient 16 auf Strecke EL mit 9,80 cm/sec und bei Patient 17 auf Strecke LC mit 7,80 cm/sec. die geringste Rückflußgeschwindigkeit erreicht Patient 4 auf Meßstrecke EL mit 1,57 cm/sec und Patient 6 auf Strecke LC mit 1,85 cm/sec.

Nach 10 Minuten Ruhe beträgt die durchschnittliche Rückstromgeschwindigkeit des venösen Blutes innerhalb der Meßstrecke EL 4,03 cm/sec. Auf der Meßstrecke LC ergibt sich eine mittlere Geschwindigkeit von 3,75 cm/sec.

Die höchsten Werte sind 7,31 cm/sec (Strecke EL bei Patient 11) und 7,39 cm/sec (Strecke LC bei Patient 1). Den niedrigsten Wert auf Strecke EL finden wir bei Patient 14 mit 1,64 cm/sec. Auf Meßstrecke LC findet sich mit 1,01 cm/sec bei Patient 12 der langsamste Blutrückfluß.

Nach 5 Minuten Umhergehen im Zimmer beträgt die durchschnittliche venöse Rückflußgeschwindigkeit 7,67 cm/sec auf Strecke EL und 5,63 cm/sec auf Strecke LC.

Auf der Meßstrecke EL ergibt sich mit 17,42 cm/sec (Patient 11) der höchste, mit 1,74 cm/sec (Patient 10) der niedrigste Wert. Die Meßergebnisse von Strecke LC streuen zwischen 8,66 cm/sec (Patient 5) und 3,31 cm/sec (Patient 4).

Der Ruhewert nach 5 Minuten zeigt durchschnittliche Rückflußgeschwindigkeiten von 5,01 cm/sec (EL) und 3,95 cm/sec (LC).

Die schnellste Geschwindigkeit zeigt sich bei Patient 8 mit 15,00 cm/sec auf Strecke EL und bei Patient 11 mit 10,70 cm/sec innerhalb der Meßstrecke LC. Für Strecke EL ergibt sich die geringste Strömungsgeschwindigkeit mit 1,58 cm/sec bei Patient 10. Auf Strecke LC sind 1,06 cm/sec der geringste Wert (Patient 4).

Nach 10 Minuten Ruhe finden wir eine mittlere Geschwindigkeit des venösen Blutes von 4,73 cm/sec für Strecke EL und 3,13 cm/sec bei Strecke LC.

Dabei streuen die Werte auf Strecke EL zwischen 9,87 cm/sec (Patient 11) und 1,71 cm/sec

(Patient 15), auf Strecke LC zwischen 4,98 cm/sec (Patient 9) und 1,33 cm/sec (Patient 4).

Nach 5 Minuten Treten des Bettfahrrades beträgt die durchschnittliche venöse Rückflußgeschwindigkeit auf Strecke EL 9,69 cm/sec und auf Strecke LC 6,89 cm/sec.

Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten sind 21,63 cm/sec (EL bei Patient 8) und 19,20 cm/sec (LC bei Patient 10). Die niedrigste Geschwindigkeit beträgt auf Strecke EL 2,28 cm/sec (Patient 5). Auf Strecke LC ergibt sich bei Patient 17 mit 1,76 cm/sec der geringste Wert.

5 Minuten nach der Übung beträgt die mittlere Rückstromgeschwindigkeit auf Strecke EL 5,15 cm/sec und auf Strecke LC 4,36 cm/sec.

Dabei finden sich auf Meßstrecke EL Werte zwischen 13,91 cm/sec (Patient 8) und 1,14 cm/sec (Patient 17). Die Geschwindigkeiten auf Strecke LC liegen zwischen 12,90 cm/sec (Patient 10) und 1,28 cm/sec (Patient 17).

Als Ruhewerte nach 10 Minuten ergeben sich durchschnittliche Geschwindigkeiten von 4,26 cm/sec (Strecke EL) und 3,72 cm/sec (Strecke LC).

Auf Meßstrecke EL finden wir bei Patient 11 mit 7,56 cm/sec den höchsten, bei Patient 4 mit 1,95 cm/sec den niedrigsten Wert. Die Rückstromgeschwindigkeiten auf Strecke LC schwanken zwischen 6,22 cm/sec bei Patient 18 und 1,15 cm/sec bei Patient 12.

In Tabelle 3 sind die aus Tabelle 2 errechneten Mittelwerte für die venösen Rückstromgeschwindigkeiten bei 18 praeoperativen Patienten angegeben.

Um den Einfluß der einzelnen Bewegungsübungen auf die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes darstellen zu können, wurde der Quotient aus dem Mittelwert der Strömungsgeschwindigkeit nach einer Übung und dem vorhergehenden durchschnittlichen Ruhewert errechnet. Dadurch wird eine Zunahme oder Verlangsamung der Rückstromgeschwindigkeit ersichtlich.

Ein Quotient von z. B. 1,55 besagt, dass die Strömungsgeschwindigkeit bei der betreffenden Übung um 55% über der des vorherigen Ruhewertes liegt.

Entsprechend würde ein Quotient von 0,75 bedeuten, daß in diesem Falle die Strömungsgeschwindigkeit bei der entsprechenden Bewegungsübung nur 75% des vorhergehenden Ruhewertes beträgt.

Tabelle 4 bringt die Aufstellung dieser Quotienten bei praeoperativen Patienten.

Meßstrecke	Ausgangsruhowert	Gehen um Bettende	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	Gehen + 3 Kniebeugen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Gehen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Radfahren	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'
EL	4,57	5,71	4,75	3,76	7,96	4,40	4,03	7,67	5,01	4,73	9,69	5,15	4,26
LC	4,23	4,08	3,97	3,50	4,91	4,33	3,55	5,63	3,95	3,13	6,89	4,36	3,72

Tab.3: Mittelwerte der Strömungsgeschwindigkeiten in cm/sec bei praeoperativen Patienten.

Meß- strecke	$\frac{II}{I}$	$\frac{V}{IV}$	$\frac{VIII}{VII}$	$\frac{XI}{X}$
EL	1,25	2,12	1,90	2,05
LC	0,96	1,40	1,59	2,20

Tab.4: Quotienten aus den Strömungsgeschwindigkeiten (Mittelwerte) nach den einzelnen Übungen und dem jeweils vorausgehenden Ruhewert. bei praeoperativen Patienten.

b.) Geschwindigkeiten des venösen Blutrückflusses bei postoperativen Patienten.

Die bei postoperativen Patienten ermittelten Rückstromgeschwindigkeiten des venösen Blutes sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Geschwindigkeit ist in cm/sec angegeben.

Der Ausgangsruhewert nach mindestens sechsstündiger Nachtruhe, gemessen am 2., bei sehr geschwächten Patienten am 3. postoperativen Tag, beträgt im Mittel auf Strecke EL 5,41 cm/sec, auf Strecke LC 4,34 cm/sec.

Die Werte streuen auf Strecke EL zwischen 13,33 cm/sec bei Patient 9 und 1,81 cm/sec bei Patient 15, auf Strecke LC zwischen 8,34 cm/sec (Patient 1) und 1,44 cm/sec (Patient 7).

Nach Gehen um das Fußende des Bettes finden wir als mittlere Rückflußgeschwindigkeit 5,81 cm/sec auf Strecke EL und 4,80 cm/sec auf Strecke EC.

Die höchste Strömungsgeschwindigkeit beträgt auf Strecke EL 10,82 cm/sec (Patient 16), auf Strecke LC 9,65 cm/sec (Patient 3). Der Blutrückfluß ist mit 1,62 cm/sec bei den Patienten 12 und 17 auf Strecke EL am geringsten. Auch auf Strecke LC finden wir bei Patient 17 mit 1,16 cm/sec den niedrigsten Wert.

lfd. Nummer	Messstrecke	Ausgangsruhwert	Gehen um Bettende	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	Gehen und 3 Kniebeugen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Gehen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Radfahren	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'
1	EL LC	4,94 8,34	8,00 3,51	5,06 3,54	6,41 6,66	5,65 16,71	7,38 11,12	4,80 4,76	- -	- -	- -	16,94 25,00	11,31 10,32	6,20 3,92
2	EL LC	4,78 3,41	3,95 2,12	4,03 2,78	5,57 4,10	3,26 3,07	8,22 3,23	- -	- -	- -	- -	3,88 5,11	- -	- -
3	EL LC	2,59 2,67	5,73 9,65	2,46 4,36	1,87 5,52	3,59 2,29	2,35 2,48	1,89 2,07	6,49 4,81	2,82 5,33	3,48 5,55	6,95 6,87	1,91 4,81	2,67 2,17
4	EL LC	2,05 4,47	4,86 4,33	2,21 0,95	1,71 1,53	5,64 5,78	2,54 2,87	1,83 1,85	4,86 1,39	3,75 2,04	3,42 1,97	4,27 2,32	3,16 3,85	2,54 2,50
5	EL LC	6,06 4,95	2,80 2,89	4,40 4,08	4,07 3,65	3,04 4,34	4,40 4,08	2,24 8,66	3,74 3,85	2,24 5,79	2,43 4,63	6,06 3,65	4,50 1,93	2,54 1,83
6	EL LC	3,70 4,76	7,68 3,26	3,76 2,08	3,85 1,67	6,63 3,03	2,60 1,03	4,00 1,42	7,67 3,51	2,96 2,24	2,82 1,91	4,97 6,65	2,82 1,73	3,85 3,17
7	EL LC	4,16 1,44	8,94 4,44	5,43 1,07	3,66 2,54	6,40 2,96	4,98 4,12	3,31 1,97	7,45 7,63	4,26 5,94	2,59 2,43	13,70 6,66	5,43 2,81	2,98 1,62
8	EL LC	7,05 2,22	9,87 4,77	16,48 3,19	6,18 2,22	15,57 12,50	- -	- -	7,91 3,19	4,82 2,67	4,94 4,36	14,10 7,44	13,18 6,67	7,32 3,03
9	EL LC	13,33 5,77	4,66 5,34	3,97 4,98	4,12 5,11	7,47 2,02	12,45 4,78	14,40 6,63	5,66 5,76	7,77 3,53	5,40 4,40	14,40 5,75	12,45 4,15	5,34 3,93
10	EL LC	5,85 6,45	6,02 8,64	1,82 15,51	1,22 3,69	1,42 1,55	2,10 1,19	2,87 0,62	1,57 1,58	1,08 1,72	1,21 3,11	1,87 4,74	1,57 2,30	1,05 2,99
11	EL LC	6,48 3,35	8,35 8,90	5,05 4,05	4,20 3,33	18,90 10,70	6,14 2,68	4,12 3,64	5,54 2,32	3,59 3,14	3,95 2,00	18,90 8,89	7,09 3,33	5,54 2,14
12	EL LC	2,23 2,77	1,62 2,34	2,75 2,66	3,25 6,23	4,58 2,76	2,93 2,87	2,79 2,07	4,84 3,73	2,58 3,56	1,59 1,44	5,11 1,27	3,80 3,56	3,19 1,62
13	EL LC	5,63 2,91	3,75 5,56	6,34 4,77	4,71 3,33	6,15 3,50	5,07 3,92	5,50 3,50	7,00 5,12	6,77 3,50	5,58 3,34	9,22 6,07	5,62 3,93	4,71 4,76
14	EL LC	8,70 5,61	9,10 7,41	11,78 4,45	13,23 6,67	- -	- -	- -	- -	- -	- -	14,30 6,67	9,10 4,16	8,70 3,70
15	EL LC	1,81 4,95	4,27 2,89	1,81 3,85	1,76 1,93	7,10 13,82	1,98 8,36	2,22 3,64	8,73 5,34	2,40 3,31	2,18 4,75	8,73 5,34	2,59 9,91	1,54 4,61
16	EL LC	12,28 6,81	10,82 7,66	9,20 4,72	10,82 6,15	15,30 6,15	10,22 6,15	7,66 7,68	- -	- -	- -	9,20 8,77	6,81 5,10	8,92 3,85
17	EL LC	2,03 4,33	1,62 1,16	2,66 4,13	2,08 3,94	2,31 1,43	2,38 1,24	3,61 3,31	1,86 3,27	2,83 3,44	2,09 2,58	2,54 4,00	3,21 2,29	2,41 3,60
18	EL LC	3,84 3,00	2,67 1,70	2,85 1,97	2,34 2,68	2,67 2,41	1,83 2,26	2,50 2,03	1,92 1,55	2,03 2,06	1,86 3,57	2,34 2,68	2,96 4,67	2,32 2,41

Tab.5: Venöse Rückstromgeschwindigkeiten in cm/sec bei postoperativen Patienten

Nach 5 Minuten Ruhebeträgt die Rückflußgeschwindigkeit durchschnittlich auf Strecke EL 5,11 cm/sec, auf Strecke LC 4,06 cm/sec.

Dabei streuen die Werte auf Strecke EL zwischen 16,48 cm/sec (Patient 8) und 1,81 cm/sec (Patient 15), auf Strecke LC zwischen 15,51 cm/sec (Patient 10) und 0,95 cm/sec (Patient 4).

10 Minuten nach der Übung ergeben sich Mittelwerte der Strömungsgeschwindigkeiten von 4,50 cm/sec (Strecke EL) und 3,94 cm/sec (Strecke LC).

Mit 13,23 cm/sec auf Strecke EL und 6,67 cm/sec auf Strecke LC finden wir bei Patient 14 den schnellsten Blutrückfluß. Der niedrigste Wert auf Strecke EL beträgt 1,22 cm/sec (Patient 10), auf Strecke LC 1,53 cm/sec (Patient 4).

Durch Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen erzielen wir eine durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit von 6,80 cm/sec auf Strecke EL und 5,58 cm/sec auf Meßstrecke LC.

Dabei streuen auf Strecke EL die Werte zwischen 18,90 cm/sec (Patient 11) und 1,42 cm/sec (Patient 10). Auf Strecke LC finden wir bei Patient 1 mit 16,71 cm/sec den schnellsten Rückfluß; die langsamste Strömungsgeschwindigkeit

auf dieser Strecke beträgt 1,43 cm/sec (Patient 17). Von Patient 14 konnte wegen des schlechten Allgemeinzustandes diese Übung nicht durchgeführt werden.

Der Ruhewert nach 5 Minuten beträgt durchschnittlich 4,84 cm/sec auf Strecke EL und 3,89 cm/sec auf Strecke LC.

Die schnellste venöse Rückflußgeschwindigkeit finden wir auf Strecke EL mit 12,45 cm/sec bei Patient 9, den langsamsten Blutrückfluß mit 1,83 cm/sec bei Patient 18. Auf Meßstrecke LC beträgt die größte Strömungsgeschwindigkeit 11,12 cm/sec (Patient 1), die geringste 1,03 cm/sec (Patient 6).

10 Minuten nach der Übung liegt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes innerhalb Strecke EL bei 4,24 cm/sec , auf Strecke LC bei 3,59 cm/sec.

Die Werte streuen zwischen 14,40 cm/sec (EL bei Patient 9), beziehungsweise 8,66 cm/sec (LC bei Patient 5) und 1,83 cm/sec (EL bei Patient 4), beziehungsweise 0,62 cm/sec (LC bei Patient 10).

Die Übung "5 Minuten Gehen im Zimmer" konnte infolge des postoperativ reduzierten Kräftezustandes von den Patienten 1, 2, 14 und 16

nicht ausgeführt werden. Bei dieser Bewegungs-
übung beträgt der Mittelwert der venösen
Blutströmungsgeschwindigkeit auf Strecke EL
5,37 cm/sec; die durchschnittliche Geschwin-
digkeit auf Meßstrecke LC ist 3,79 cm/sec.

Auf Strecke EL beträgt die schnellste Ge-
schwindigkeit 8,73 cm/sec (Patient 15),
die langsamste 1,57 cm/sec (Patient 10). Für
Strecke LC ergeben sich Rückflußgeschwindig-
keiten zwischen 7,63 cm/sec (Patient 7) und
1,39 cm/sec (Patient 4).

Nach 5 Minuten Ruhe beträgt die Durchschnits-
geschwindigkeit auf Strecke EL 3,57 cm/sec,
auf Strecke LC 3,45 cm /sec.

Wir finden auf Strecke EL dabei Werte zwischen
7,77 cm/sec (Patient 9) und 1,08 cm/sec
(Patient 10). Auf Meßstrecke LC beträgt die
höchste Geschwindigkeit 5,94 cm/sec (Patient 7);
der niedrigste Wert ist 1,72 cm/sec bei Patient
10.

10 Minuten nach der Übung liegt die Strömungs-
geschwindigkeit auf Strecke EL im Mittel bei
3,08 cm/sec; auf Meßstrecke LC beträgt sie
durchschnittlich 3,29 cm/sec.

Die höchste Blutströmungsgeschwindigkeit finden
wir auf Strecke EL mit 5,58 cm/sec bei

Patient 13 und auf Strecke LC mit 5,55 cm/sec bei Patient 3, die niedrigste auf Strecke EL bei Patient 10 mit 1,21 cm/sec und auf Strecke LC mit 1,44 cm/sec bei Patient 12.

5 Minuten Treten des Bettfahrrades ergibt mittlere Rückflußgeschwindigkeiten von 8,74 cm/sec innerhalb Meßstrecke EL und von 6,54 cm/sec auf Strecke LC.

Dabei findet sich der höchste Wert auf Strecke EL mit 18,90 cm/sec bei Patient 11; für die gleiche Strecke ergibt sich ein niedrigster Wert von 1,87 cm/sec bei Patient 10. Die schnellste Geschwindigkeit, mit der das venöse Blut Strecke LC durchfließt, beträgt 25 cm/sec (Patient 1), die langsamste 1,27 cm/sec (Patient 12).

Der Ruhewert nach 5 Minuten beträgt auf Strecke EL durchschnittlich 5,73 cm/sec und auf Strecke LC im Mittel 4,44 cm/sec.

Die Geschwindigkeiten bewegen sich bei dieser Messung auf Strecke EL zwischen 13,18 cm/sec (Patient 8) und 1,57 cm/sec (Patient 10), auf Strecke LC zwischen 10,32 cm/sec (Patient 1) und 1,73 cm/sec (Patient 6). Bei Patient 2 konnten die Ruhewerte nach dieser Übung nicht ermittelt werden.

Als Ruhewert nach 10 Minuten ergibt sich eine Strömungsgeschwindigkeit von durchschnittlich 4,22 cm/sec auf Strecke EL und 3,05 cm/sec auf Meßstrecke LC.

Der höchste Wert auf Strecke EL beträgt dabei 8,92 cm/sec (Patient 16), der niedrigste 1,05 cm/sec (Patient 10). Bei Meßstrecke LC ist die schnellste Geschwindigkeit 4,76 cm/sec (Patient 13), die geringste 1,62 cm/sec (Patienten 7 und 12).

Tabelle 6 enthält die Aufstellung der Mittelwerte aus den venösen Rückflußgeschwindigkeiten bei 18 postoperativen Patienten.

Tabelle 7 bringt die Quotienten aus den mittleren Strömungsgeschwindigkeiten nach den einzelnen Übungen und dem jeweils vorausgehenden Ruhewert bei 18 postoperativen Patienten.

Meßstrecke	Ausgangsruhwert	Gehen um Bettende	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	Gehen + 3Kniebeugen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Gehen	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'	5 min. Radfahren	Ruhewert nach 5'	Ruhewert nach 10'
EL	5,41	5,81	5,11	4,50	6,80	4,84	4,24	5,37	3,57	3,08	8,74	5,73	4,22
LC	4,34	4,80	4,06	3,94	5,58	3,89	3,59	3,79	3,45	3,29	6,54	4,44	3,05

Tab. 6: Mittelwerte der Strömungsgeschwindigkeiten in cm/sec bei postoperativen Patienten.

Meßstrecke	$\frac{II'}{I'}$	$\frac{V'}{IV'}$	$\frac{VIII'}{VII'}$	$\frac{XI'}{X'}$
EL	1,07	1,51	1,27	2,84
LC	1,11	1,42	1,06	1,99

Tab. 7: Quotienten aus den mittleren Strömungsgeschwindigkeiten nach den einzelnen Übungen und dem jeweils vorausgehenden Ruhewert bei postoperativen Patienten.

c) Vergleich der Ergebnisse

Im folgenden Teil werden der einfacheren Beschreibung halber die einzelnen Bewegungsübungen, die wir von den Patienten ausführen ließen, fortlaufend nummeriert. Dabei bedeutet:

Übung 1: Gehen um das Fußende des Bettes
(Messungen II, II')

Übung 2: Gehen um das Fußende des Bettes
mit zusätzlich 3 Kniebeugen
(Messungen V, V')

Übung 3: 5 Minuten Gehen im Zimmer
(Messungen VIII, VIII')

Übung 4: 5 Minuten Treten des Bettfah-
rades (Messungen XI, XI')

1.) Wirksamkeit der verschiedenen Bewegungs-
übungen

Die Abbildung 8 zeigt die durchschnittlichen venösen Rückflußgeschwindigkeiten bei den praeoperativen Patienten zu Beginn der Untersuchung (Ausgangsrühewert), unmittelbar nach den Bewegungsübungen, sowie 5 und 10 Minuten nach den Übungen auf den Strecken EL (Beinvenenbereich)

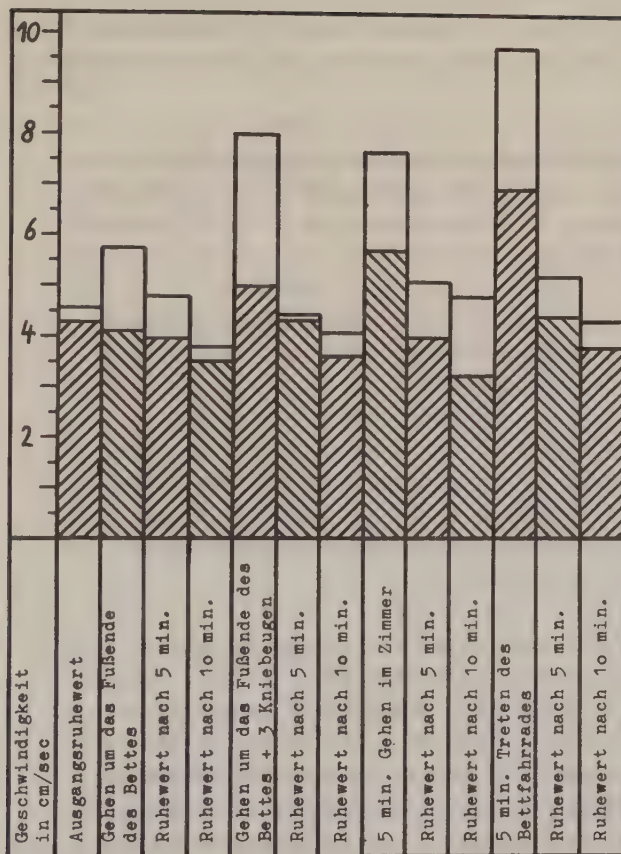


Abb.8: Graphische Darstellung der Mittelwerte der venösen Strömungsgeschwindigkeiten in cm/sec bei praeoperativen Patienten auf Strecke EL (gesamte Säule) und auf Strecke LC (schraffierter Anteil)

und LC (Beckenvenenbereich).

Entsprechend stellt Abbildung 9 die Meßergebnisse bei den postoperativen Patienten graphisch dar.

Die Darstellung zeigt, daß praeoperativ der venöse Blutrückfluß durch die aktiven Übungen besonders im Beinvenenbereich deutlich beschleunigt wird.

So bewirkt schon Übung 1 hier eine Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit um 25% gegenüber dem Ausgangsrühewert.

Werden zusätzlich 3 Kniebeugen durchgeführt . (Übung 2), so steigert sich die Rückflußgeschwindigkeit um 112%; sie ist also mehr als doppelt so hoch wie bei der vorangehenden Ruhewertsmessung.

Übung 3 bewirkt eine Steigerung um 90%.

Das Treten des Bettfahrrades (Übung 4) erhöht die Strömungsgeschwindigkeit im Beinvenenbereich um 105% zum vorausgehenden Ruhewert. Bei dieser Übung wird die höchste venöse Rückstromgeschwindigkeit aller Übungen erreicht. Sie beträgt im Mittel 9,69 cm/sec (Messung XI). Die zweithöchste Durchschnittsgeschwindigkeit finden wir bei Übung 2, dann folgt Übung 3. Die geringste Geschwindigkeitserhöhung bringt Übung 1.

Im Beckenvenenbereich sind die Geschwindigkeitschwankungen vor der Operation zwischen Bewegungsübung und Ruhe geringer als im Beinvenenbereich.

Durch Übung 1 kommt es sogar zu einer Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit im Beckenvenenbereich um 4% gegenüber dem Ausgangsruhewert.

Übung 2 steigert den venösen Blutrückfluß im Becken um 40%, Übung 3 um 59% im Vergleich zum vorausgehenden Ruhewert.

Das Treten des Bettfahrrades (Übung 4) bewirkt hier eine Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit um 120%.

Gleichzeitig wird hierbei auch die schnellste Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes auf Strecke LC mit 6,89 cm/sec erzielt.

Nach der Operation ist die Wirksamkeit der Übungen 1, 2, und 3 hauptsächlich im Beinvenenbereich geringer als vor der Operation.

Übung 1 steigert die venöse Rückflußgeschwindigkeit im Bein um durchschnittlich 7%, im Becken um 11%.

Als Ausdruck der Wirkung der Muskelpumpe in der unteren Extremität bei 3 Kniebeugen finden wir bei Übung 2 eine Steigerung des Blutrückflusses

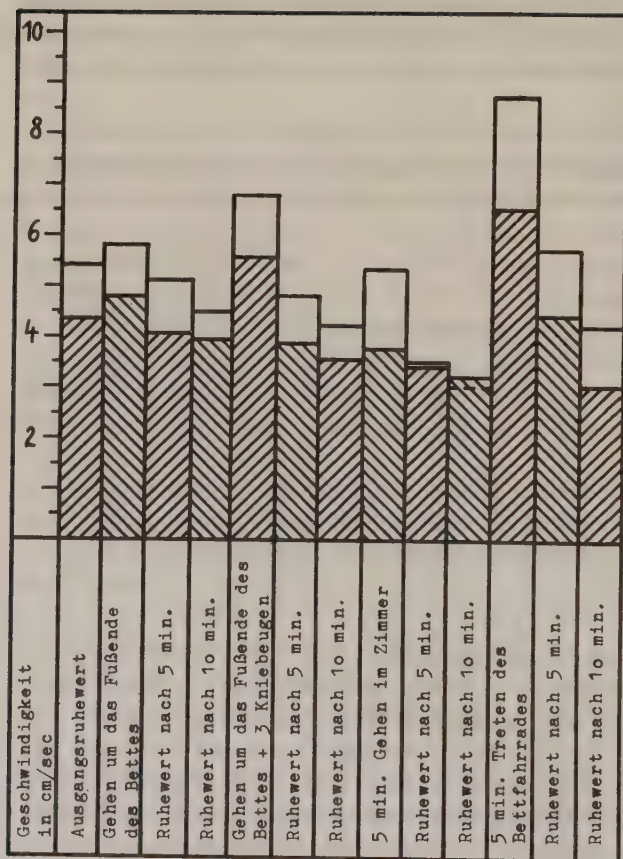


Abb. 9: Graphische Darstellung der Mittelwerte der venösen Strömungsgeschwindigkeiten in cm/sec bei postoperativen Patienten auf Strecke EL (gesamte Säule) und auf Strecke LC (schraffierter Anteil)

auf Strecke EL um 51% gegenüber einer Steigerung im Beckenvenenbereich (LC) von 42%.

Weniger wirksam ist Übung 3. Durch 5 Minuten Umhergehen im Zimmer erhöht sich in der unteren Extremität die Blutströmungsgeschwindigkeit um durchschnittlich 27% zum vorausgehenden Ruhewert, im Becken um nur 6%.

Die weitaus größte Wirkung wird - wie auch bei den praeoperativen Übungen - durch Treten des Bettfahrrades (Übung 4) erreicht.

Im Beinvenenbereich beträgt die erzielte Steigerungsrate 184%. Um 99% erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit bei dieser Übung im Beckenvenenbereich.

Bisher haben wir die Strömungsgeschwindigkeit und die Wirksamkeit der Übungen im Bein- (EL) und Beckenvenenbereich (LC) getrennt betrachtet, um den unterschiedlichen Strömungsverhältnissen Rechnung zu tragen. Diese unterschiedliche Situation spiegelt sich in unseren Ergebnissen wieder, da die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes im Beckenvenenbereich um durchschnittlich 21 % unter der Strömungsgeschwindigkeit im Beinvenenbereich liegt.

Um jedoch die Steigerung der venösen Rückflußgeschwindigkeiten durch die Bewegungsübungen anschaulicher aufzeigen zu können, sollen,

unter Vernachlässigung der unterschiedlichen anatomischen und strömungsmechanischen Verhältnisse des Venensystems in unterer Extremität und Becken, die Geschwindigkeitszunahmen in % zum vorhergehenden Ruhewert auf den Strecken EL und LC zusammengefaßt werden.

Die so ermittelten durchschnittlichen Steigerungsquoten, die durch die 4 Bewegungsübungen erzielt werden, sind für prae- und postoperative Patienten in Tabelle 8 aufgeführt.

Aus Tabelle 8 ist zu ersehen, daß das Treten des Bettfahrrades die wirksamste der durchgeführten Übungen ist.

Es wird hierbei eine mittlere Steigerung des Blutrückflusses um 112,5% praeoperativ und 141,5% postoperativ erreicht.

In der praktischen Durchführung ergeben sich bei dieser Übung keine Probleme, da die Patienten das Bett nicht verlassen müssen, was sich insbesondere während der Infusionstherapie als Vorteil erweist.

An 2. Stelle hinsichtlich der Steigerung des venösen Blutrückflusses steht Übung 2 mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeitserhöhung um 76% vor und 46,5% nach der Operation.

Durch 5 Minuten Gehen im Zimmer (Übung 3) wird eine mittlere Rückflußbeschleunigung von 74,5% bei praeoperativen Patienten und 16,5% bei postoperativen Patienten erreicht.

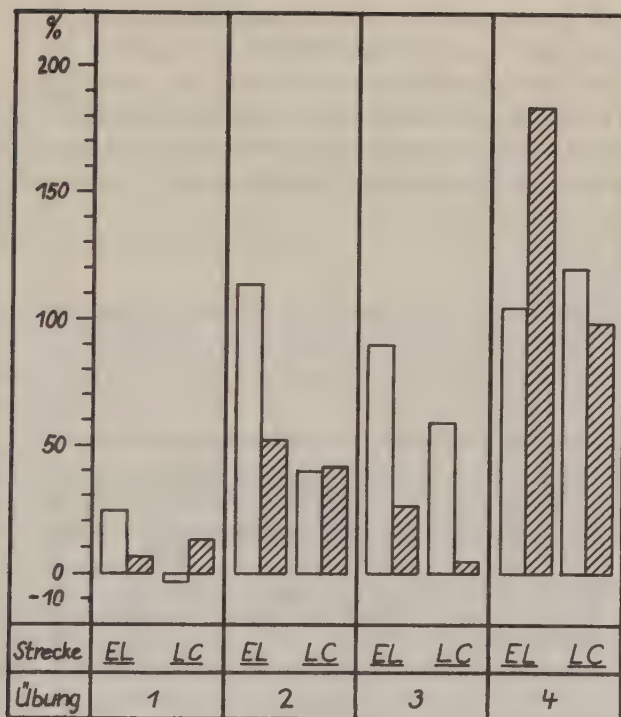


Abb.10: Änderung der venösen Rückstromgeschwindigkeit nach vier Bewegungsübungen in % zum vorausgehenden Ruhewert bei prae- (freie Kästchen) und postoperativen (schraffierte Kästchen) Patienten

Gehen um das Fußende des Bettes (Übung 1)
bringt nur eine mittlere Rückflußsteigerung von
10,5% prae- und 9% postoperativ.
Diese Übung ist somit sowohl vor als nach der
Operation unter den von uns ausgewählten vier
Übungen die am wenigsten wirkungsvolle.

	Praeoperativ	Postoperativ
Übung 1	10,5%	9%
Übung 2	76%	46,5%
Übung 3	74,5%	16,5%
Übung 4	112,5%	141,5%

Tab.8: Durchschnittliche Steigerungs-
quoten der venösen Strömungs-
geschwindigkeit nach den Übungen
in % zum jeweils vorausgehenden
Ruhewert auf der Gesamtstrecke
Einstichstelle - Meßpunkt 2

2.) Einfluß der Operation

Unsere Messungen der venösen Strömungsgeschwindigkeit an 18 Patienten vor und nach der Operation haben ergeben, daß sich die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes nach der Operation nicht wesentlich von den Werten vor der Operation unterscheidet.

Die Ruhewerte liegen im Beinvenenbereich nach der Operation um 0,1% über, im Beckenvenenbereich um 1,9% unter den Meßergebnissen vor der Operation.

Nach den Bewegungsübungen 2, 3 und 4 ist die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes im Beinvenenbereich langsamer als bei den nämlichen Übungen vor der Operation. Die venöse Rückflußgeschwindigkeit nach der Operation beträgt bei Übung 2 nur 85,4% der praeoperativ gemessenen Geschwindigkeit, bei Übung 3 70% und bei Übung 4 90,2%.

Diese geringere Wirksamkeit der Übungen nach der Operation liegt auch daran, daß von den postoperativ geschwächten Patienten dieselben Bewegungsübungen nach der Operation zaghafter ausgeführt werden, als vor der Operation. Insbesondere gilt dies für Übungen, bei denen die Patienten das Bett verlassen müssen. Hierbei läßt schon der Wundschmerz keine forcierten Bewegungen zu.

Die Geschwindigkeitssteigerung des venösen Rückflusses nach den Bewegungsübungen 1, 2 und 3 ist demnach, wie Tabelle 8 und Abbildung 10 zeigen, nach der Operation geringer als vor der Operation.

Übung 1 bringt postoperativ eine Steigerung von 9%, Übung 2 eine Steigerung von 46,5% und Übung 3 eine Steigerung von 16,5% zum vorangehenden Ruhewert.

Übung 4 (Treten des Bettfahrrades) zeigt postoperativ eine noch größere Wirksamkeit als vor der Operation. Das venöse Blut wird hierbei um durchschnittlich 141,5% (184% im Beinvenenbereich, 99% im Beckenvenenbereich) zum vorangehenden Ruhewert beschleunigt.

Auf Grund unserer Untersuchungen empfehlen wir daher als Thromboseprophylaxe alle Patienten nach der Operation das Bettfahrrad treten zu lassen.

Ist ein solches nicht vorhanden, so sollten zu mindest beim Umhergehen im Zimmer zusätzlich einige Kniebeugen ausgeführt werden, um wirkungsvoll einer Stase im Bein- und Beckenvenenbereich zu begegnen.

IV. Diskussion

In der Chirurgie ist es besonders bei postoperativen Patienten wichtig, der Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes im Bein- und Beckenvenenbereich als einem Faktor der Thrombogenese zu begegnen.

Unsere Untersuchungen galten daher der Messung der Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes in unterer Extremität und Becken nach vier verschiedenen Bewegungsübungen und damit der Bestimmung der Wirksamkeit dieser Übungen hinsichtlich der venösen Rückflußbeschleunigung. Die Messungen wurden bei den gleichen Patienten vor und nach der Operation durchgeführt. Außerdem wurde der Einfluß der Operation auf die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes untersucht. Alle Messungen wurden nach Beendigung der Übungen am horizontal liegenden Patienten durchgeführt.

Dabei fanden wir, daß vor der Operation Gehen um das Fußende des Bettes (Übung 1) im Beinvenenbereich eine Steigerung der venösen Strömungsgeschwindigkeit um 25% zum vorausgehenden Ruhewert bewirkt.

Im Beckenvenenbereich ergab sich eine Verlangsamung um 4% zum Ausgangsruhwert.

Durch Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen (Übung 2) erreichten

wir eine Rückflußbeschleunigung im Bein um 112%, im Becken um 40%.

Nach 5 Minuten Umhergehen im Zimmer (Übung 3) war die Geschwindigkeit im Beinvenenbereich um 90%, im Beckenvenenbereich um 59% höher, als in Ruhe unmittelbar vor der Übung.

5 Minuten Treten des Bettfahrrades (Übung 4) erbrachte im Bein eine Steigerung des venösen Blutrückflusses um 105% zum vorhergehenden Ruhewert, im Becken waren es 120%.

Nach der Operation erzielten wir durch Übung 1 eine Rückflußbeschleunigung von 7% im Beinvenenbereich und von 11% im Bereich der Beckenvenen.

Übung 2 erbrachte im Bein eine Steigerung von 51%, im Becken von 42% zum vorausgehenden Ruhewert.

Durch Übung 3 erhöhte sich die Strömungsgeschwindigkeit in den Beinvenen um 27%, in den Beckenvenen um 6% gegenüber dem vorher bestimmten Ruhewert.

Auch postoperativ erbrachte Übung 4 die höchste Wirksamkeit. Hierbei wurde eine Steigerung in der unteren Extremität um 184% erreicht; im Becken steigerte sich die Geschwindigkeit um 99%.

Ordnen wir die Übungen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, so finden wir sowohl vor, wie nach der Operation dieselbe Reihenfolge.

Wirksamste Bewegungsübung ist Übung 4, dann folgt Übung 2, dann Übung 3 und als letzte Übung 1.

Bei den postoperativen Patienten fanden wir im Beinvenenbereich durchschnittlich um 0,1% höhere Strömungsgeschwindigkeiten bei den Ruhemessungen als vor der Operation. Im Beckenvenenbereich lagen die Ruhemessungen durchschnittlich um 1,9% unter den Werten vor der Operation.

Bei den Bewegungsübungen 1,2 und 3 war postoperativ die Wirksamkeit geringer als vor der Operation; bei Übung 1 um 1,5%, bei Übung 2 um 29,5%, bei Übung 3 um 58%.

Übung 4 erbrachte nach der Operation eine um 29% höhere Wirksamkeit als vor der Operation.

Bei sorgfältigem Studium der Literatur der letzten 10 Jahre konnten wir keine Untersuchungen über exakte Messungen der Wirksamkeit krankengymnastischer Übungen hinsichtlich der Beschleunigung des venösen Blutrückflusses finden, die unsere Ergebnisse in Frage stellen oder bestätigen könnten.

Wir empfehlen auf Grund unserer Untersuchungen zur Prophylaxe einer Phlebothrombose im Bein- oder Beckenvenenbereich das von Mühe (7) beschriebene Bettfahrrad zu verwenden, da hierdurch eine hohe Strömungsgeschwindigkeit des Venenblutes in den unteren Körperabschnitten erzielt wird.

Dabei sollten die Patienten möglichst oft am Tage einige Minuten das Bettfahrrad treten. Die dabei aufzuwendende Kraft soll mittels der Bremse dem Kräftezustand des Patienten angepaßt werden.

Ist kein Bettfahrrad vorhanden, so sollten auf jeden Fall beim Umhergehen im Zimmer zusätzlich einige Kniebeugen durchgeführt werden, da hierbei eine wesentlich bessere Thromboseprophylaxe gegeben ist, als durch bloßes Umhergehen.

V. Zusammenfassung

Wir haben bei 18 Patienten vor und nach der Operation die Strömungsgeschwindigkeit des venösen Blutes im Bereich der Bein- und Beckenvenen mit radioaktivem ^{133}Xe in Ruhe und nach vier Bewegungsübungen gemessen. Gleichzeitig wurde die Wirksamkeit dieser Übungen als Thromboseprophylaxe untersucht. Außerdem haben wir den Einfluß der Operation auf die venöse Rückstromgeschwindigkeit ermittelt.

Alle Messungen wurden unmittelbar nach Beendigung der Übungen in horizontaler Rückenlage des Patienten durchgeführt.

Dabei zeigte sich, daß vor der Operation 5 Minuten Treten des Bettfahrrades als wirkungsvollste Übung eine mittlere Rückflußbeschleunigung von 112,5% erbringt. Der Tretwiderstand ist dabei der Kondition des Patienten angepaßt.

Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen steigert als zweitwirksamste Übung den Blutrückfluß um 76%, 5 Minuten Gehen im Zimmer erbringt eine Steigerung um 74,5% und Gehen um das Fußende des Bettes um durchschnittlich 10,5%.

Nach der Operation fanden wir nach 5 Minuten Treten des Bettfahrrades eine mittlere Rückflußsteigerung von 141,5% zum vorausgehenden

Ruhewert, bei Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen betrug die Steigerung 46,5%, bei 5 Minuten Umhergehen im Zimmer 16,5%, während Gehen um das Fußende des Bettes eine Steigerung von nur 9% erbrachte.

Bei den Ruhewertmessungen fanden wir nach der Operation im Beinvenenbereich durchschnittlich um 0,1% höhere, im Beckenvenenbereich um 1,9% niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten als vor der Operation.

Bei den Übungen: "Gehen um das Fußende des Bettes", "Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen" und "5 Minuten Gehen im Zimmer" war die Wirksamkeit nach der Operation geringer als vorher.

Nur 5 Minuten Treten des Bettfahrrades erbrachte nach der Operation eine noch größere Rückflußbeschleunigung als vor der Operation. Mit einer durchschnittlichen Steigerung der Rückstromgeschwindigkeit um 141,5% zum vorausgehenden Ruhewert zeigte sich diese Übung als die wirksamste.

Vergleicht man die Wirksamkeit der Übungen untereinander, so ergibt sich prae- und postoperativ die gleiche Reihenfolge. Am wirkungsvollsten war Treten des Bettfahrrades, dann folgte Gehen um das Fußende des Bettes mit zusätzlich 3 Kniebeugen, dann 5 Minuten

Umhergehen im Zimmer; an letzter Stelle steht
Gehen um das Fußende des Bettes.

Daraus folgt, daß alle thrombosegefährdeten
Patienten zur Steigerung der venösen Rückström-
geschwindigkeit das Bettfahrrad treten sollten.
Ist kein Bettfahrrad vorhanden, so sollten beim
Umhergehen im Zimmer zusätzlich einige Kniebeugen
ausgeführt werden.

VI. Literaturverzeichnis

1. Becker, H.M. und
K. Schmitt : Zum Problem der chirurgischen
Thromboseprophylaxe.
Münch.Med.Wschr. 108, 431-437 (1966)
2. Benzer, H. : Tödliche Lungenembolien.
Statistik der I. Chirurgischen
Universitätsklinik Wien (1935-1960)
Münch.Med.Wschr. 37, 1757-1771 (1965)
3. Freiman, D.G. ,
Suyemoto, J. und
Wessler, St. : Frequency of pulmonary embolism
in man.
New Engl. J. Med. 272, 1278-1280 (1965)
4. Goodwin, John F. : The Clinical Diagnosis of pulmonary
embolism.
Grune and Straton, New York 1965 239-255
5. Hodgson, D.C. : Venous stasis during surgery.
Anaesthesia 19, 96-99 (1964)
6. Haid-Fischer, F.
und Haid, H. : Venenerkrankungen, Bd. I und II
Stuttgart, Thieme, 3.Aufl. (1973)
7. Mühe, E. : Postoperative Thromboembolie-
prophylaxe - Klinische und
experimentelle Studie.
Habilitationsschrift, Erlangen (1973)

8. Osborn, S.B. und
H.P. Wright :
A method of estimating the time
at which a counting rate changes,
using a Garger-Müller counter.
Brit. J. Radiol. 22, 110-116 (1949)
9. Ritter, A. :
Thrombose und Embolie.
Berlin: Walter de Gruyter & Co.,
1. Auflage 1955
10. Ross, R.S.,
Ueda, K., Lichtlen, P.R. und Rees, R. :
Measurement of myocardial blood flow
in animals and man by selective
injections of radioactive inert gas
into the coronary arteries.
Circulation Res. 15, 28-41 (1964)
11. Smith, G.T.,
Dammin, G.J. und
Dexter, L. :
Postmortem arteriographic studies
of the human lung in pulmonary
Embolization.
J.A.M.A. , 188, No 2 143-151 (1964)
12. Ueda, K.,
Lichtlen, P.R.,
Rees, J.R., Roos,
R.S. und Jio, M. :
Coronary blood flow measurement in
dog and man using ^{85}Kr or ^{133}Xe .
Federation Proc. 22, 641-643 (1963)
13. Virchow, R. :
Handbuch der speziellen Pathologie
und Therapie. Bd. I
Erlangen: Enke 1854
14. Wright, H.P.,
Osborn, S.B. und
Edmonds, D.G. :
Measurement of the rate of venous
blood flow in the legs of women at
term and in the puerperium using
radioactive Sodium 24 .
J. Obstet. Gynaec. 56, 36-40 (1949)

Herrn Priv. Doz. Dr. E. Mühe danke ich
für die Überlassung des Themas, für
wertvolle Anregungen und freundliche
Unterstützung.

Fräulein I. Lampe danke ich für wert-
volle Erläuterungen und tatkräftige
Unterstützung bei der praktischen
Durchführung der Messungen.

Lebenslauf

Am 13.2.1946 wurde ich, Hans Georg Kügel, als erstes Kind des praktischen Arztes Dr.med. Hanns Kügel und seiner Ehefrau Maria, geb. Welz in Dillingen/Donau geboren.

Nach Besuch der Volksschule in Weisingen, Dillingen und Wittislingen wechselte ich 1957 über an das Humanistische Gymnasium in Dillingen/Don. Dort legte ich 1966 das Abitur ab.

Im Wintersemester 1966/67 begann ich das Medizinstudium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Dort bestand ich im Frühjahr 1969 die ärztliche Vorprüfung und legte im August 1972 das medizinische Staatsexamen ab.

Vom 1.1.1973 bis 31.1.1974 war ich als Medizinalassistent auf der chirurgischen und inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses in Treuchtlingen tätig. Am 12.2.1974 erhielt ich die Approbation als Arzt.

Seit 1.3.1974 leiste ich meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr ab.

Druck HOGL ERLANGEN